维生素 K_3 对五龙鹅生长性能、屠宰性能及养分表观利用率的影响[1]

吕　梅[1]　王宝维[2]　殷太岳[1]　葛文华[2]　张名爱[2]　李文立[1*]

（1.青岛农业大学动物科技学院，青岛 266109；2.青岛农业大学优质水禽研究所，青岛 266109）

摘　要：本试验旨在研究饲粮中维生素 K_3 添加水平对五龙鹅生长性能、屠宰性能及养分表观利用率的影响。试验分为 2 个阶段。1~4 周龄阶段，选用 1 日龄五龙鹅 360 只，随机分为 6 个组，每个组 6 个重复，每个重复 10 只鹅。Ⅰ组为对照组，饲喂基础饲粮（维生素 K_3 含量 1.23 mg/kg），Ⅱ～Ⅵ组在基础饲粮中分别添加 1、2、4、8、16 mg/kg 的维生素 K_3。5~16 周龄阶段，选用 28 日龄五龙鹅 324 只，随机分为 6 个组，每个组 6 个重复，每个重复 9 只鹅。A 组为对照组，饲喂基础饲粮（维生素 K_3 含量 1.18 mg/kg），B~F 组在基础饲粮中分别添加 2、4、8、16、32 mg/kg 的维生素 K_3。试验期 16 周。结果表明：1)经回归分析得出，1~4 周龄阶段五龙鹅饲粮中添加 4.81 mg/kg 维生素 K_3，平均日增重最大；5~16 周龄阶段饲粮中添加 11.59 mg/kg 维生素 K_3，平均日增重最大。2）与对照组相比，1~4 周龄阶段，饲粮中添加 4 mg/kg 维生素 K_3 能显著或极显著提高鹅的全净膛率和腹脂率（$P<0.05$ 或 $P<0.01$）；5~16 周龄阶段，饲粮中添加 8 mg/kg 维生素 K_3 能显著或极显著提高屠宰率、半净膛率、全净膛率和腿肌率（$P<0.05$ 或 $P<0.01$）。3）与对照组相比，5~16 周龄阶段，饲

收稿日期：2016-03-31

基金项目：国家水禽技术产业体系项目（CARS-43-11）；青岛市科技计划项目（11-2-3-23-nsh）

作者简介：吕　梅（1991—），女，山东滨州人，硕士研究生，从事单胃动物营养与饲料科学研究。E-mail： 936404824@qq.com

*通信作者：李文立，教授，硕士生导师，E-mail： wlli@qau.edu.cn

粮中添加 8 mg/kg 维生素 K_3 能极显著提高钙的表观利用率（$P<0.01$），显著提高干物质、粗蛋白质、粗脂肪、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维和磷的表观利用率（$P<0.05$）。由此可见，本试验条件下，1~4 周龄和 5~16 周龄五龙鹅饲粮中维生素 K_3 适宜添加水平分别为 4.81 和 11.59 mg/kg。

关键词：维生素 K_3；鹅；生长性能；屠宰性能；养分表观利用率

中图分类号：S835

维生素 K_3 是维生素 K 依赖蛋白活化的基础，在玉米-豆粕型饲粮中添加维生素 K_3 有凝血功能，能促进机体糖代谢，对动脉粥样硬化有抑制作用[1]，可直接对动物发挥营养作用，影响动物的生理功能[2]。已有研究表明，饲粮中添加维生素 K_3 能够提高肉鸡的生长性能和凝血机能[3]。陈璎等[4]研究结果表明，饲粮中添加维生素 K_3 可显著提高仔猪断奶窝重、断奶个体重和断奶仔猪成活率，改进产仔数和初生窝重。此外，维生素 K_3 还能增强动物消化吸收功能，治疗消化系统疾病[5]。元江[6]研究表明，维生素 K_3 能够显著增强幼建鲤脂肪酶(LPS)、胰蛋白酶、糜蛋白酶及碱性磷酸酶(AKP)等的活性，增强消化吸收功能。目前国内外关于维生素 K_3 的研究主要集中在水产动物和肉鸡等方面，在鹅的研究报道相对较少，而关于维生素 K_3 对鹅生长性能、屠宰性能和养分表观利用率的影响未见有报道。鉴于此，本试验从生长性能、屠宰性能和养分表观利用率等角度研究在基础饲粮中添加不同水平维生素 K_3 对五龙鹅的影响，为维生素 K_3 的科学添加提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料与基础饲粮

维生素 K_3 购自青岛普兴饲料公司（批号：20131209），含量为 96%。参考 NRC（1994）[7]推荐的营养水平设计基础饲粮配方。饲养周期为 1～4 周龄、5～16 周龄 2 阶段，基础饲粮

组成及营养水平见表 1。经测定，基础饲粮中维生素 K_3 含量为：1～4 周龄 1.23 mg/kg，5～16 周龄 1.18 mg/kg。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis)　　%

项目 Items	含量 Content	
	1～4 周龄 1 to 4 weeks of age	5～16 周龄 5 to 16 weeks of age
原料 Ingredients		
玉米 Corn	60.00	61.97
豆粕 Soybean meal	28.40	22.00
鱼粉 Fish meal	2.00	1.50
次粉 Middling	5.00	4.00
玉米秸秆 Corn stover	2.00	8.00
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.84	0.78
石粉 Limestone	0.96	0.95
食盐 NaCl	0.30	0.30
微量元素 Trace elements1)	0.20	0.20
多维 Multivitamin1)	0.30	0.30
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels2)		
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.76	11.29
粗蛋白质 CP	18.92	16.30

粗纤维 CF	3.27	4.98
钙 Ca	0.74	0.70
有效磷 AP	0.41	0.45
赖氨酸 Lys	1.02	0.82
蛋氨酸 Met	0.31	0.26
半胱氨酸 Cys	0.31	0.27
维生素 K_3 Vitamin K_3/(mg/kg)	1.23	1.18

[1)]多维和微量元素为每千克饲粮提供 Multivitamin and trace elements provided the following per kg of dites：1~4 周龄 1 to 4 weeks of age，VA 1 500 IU，VD_3 200 IU，VE 12.5 mg，VB_1 2.2 mg，VB_2 5.0 mg，烟酸 niacin 65 mg，泛酸 pantothenate 15 mg，VB_6 2 mg，生物素 biotin 0.2 mg，叶酸 folic acid 0.5 mg，Fe 90 mg，Cu 6 mg，Mn 85 mg，Zn 85 mg，I 0.42 mg，Co 2.5 mg；5~16 周龄 5 to 16 weeks of age，VA 1 500 IU，VD_3 200 IU，VE 12.5 mg，VB_1 2.2 mg，VB_2 5.0 mg，烟酸 niacin 65 mg，泛酸 pantothenate 15 mg，VB_6 2 mg，生物素 biotin 0.2 mg，叶酸 folic acid 0.5 mg，Fe 85 mg，Cu 5 mg，Mn 80 mg，Zn 80 mg，I 0.42 mg，Co 2.5 mg。

[2)] 维生素 K_3 为实测值，其他营养水平为计算值。Vitamin K_3 was a measured value, while the other nutrient levels were calculated values.

1.2　试验动物及试验设计

试验全期分为 1～4 周龄和 5～16 周龄 2 个饲养阶段。1～4 周龄阶段选用健康的五龙鹅初生雏 360 只，随机分为 6 个组，每个组 6 个重复，每个重复 10 只。Ⅰ组为对照组，饲喂基础饲粮，Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ组在基础饲粮中分别添加 1、2、4、8、16 mg/kg 维生素 K_3。5～16 周龄阶段选用 28 日龄健康的五龙鹅 324 只，随机分为 6 个组，每个组 6 个重复，每个重复 9 只。A 组为对照组，饲喂基础饲粮，B、C、D、E、F 组在基础饲粮中分别添加 2、4、8、16、32 mg/kg 维生素 K_3。试验期 16 周。

1.3 饲养管理

试验鹅自由饮水和采食。每天记录好喂料量、温度、死淘数等相关数据，密切注意鹅的饲养状态。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 生长性能的测定

每周最后 1 天 08：00 以重复为单位进行空腹称重，称重前 6 h 停料，不停水。每周末以重复为单位，按“清箱底法”统计耗料量。计算 1~4 周龄和 5~16 周龄的平均日增重(ADG)、平均日采食量(ADFI)和料重比(F/G)。每天记录各组死亡及淘汰情况，计算死淘率。

1.4.2 屠宰性能的测定

饲养试验的第 4 周末和第 16 周末，从每组每重复中分别抽取 1 只体重接近该组平均体重的鹅，共 36 只，颈静脉放血致死，用湿法拔毛洌干水分后称重，测定其屠宰性能。

活体重：称重前 12 h 禁食、不禁水，第 2 天 08:00 进行空腹称重，并作详细记录。

屠体重：试验鹅放血，去除羽毛、脚角质层、趾壳和喙壳后的重量。

半净膛重：屠体重减去气管、食道、嗉囊、肠道、脾脏、胰腺、胆脏、生殖器官、肌胃内容物及角质膜后的重量。

全净膛重：半净膛重去除心脏、肝脏、胃、肺脏、腹脂的重量。

胸肌重：沿胸骨嵴中线切开皮肤，将两侧胸肌（包括胸大肌、胸小肌和第 3 胸肌）从胸骨上剥离出来，称胸肌重。

腿肌重：在鹅的背部以最后 1 节胸椎为起点，向后沿腰荐中线切开皮肤，至尾椎基部绕尾椎切开皮肤，向两侧与荐中线垂直（腿肌前缘）向腹部切开皮肤，然后在胸腹与大腿之间的皮肤中线切开，直达耻骨端，用力使髋关节脱臼，完整取出 2 条腿。将大、小腿肌肉剥离，称腿肌重。

腹脂重：剖离腹部和肌胃周围的脂肪，将这部分脂肪称重。

屠宰率的计算方法如下：

屠宰率（%）=（屠宰重/宰前活重）×100；

半净膛率（%）=（半净膛重/宰前活重）×100；

全净膛率（%）=（全净膛重/宰前活重）×100；

胸肌率（%）=（两侧胸肌重/全净膛重）×100；

腿肌率（%）=（两侧腿肌重/全净膛重）×100；

腹脂率（%）=[腹脂重/（全净膛重+腹脂重）]×100。

1.4.3　养分表观利用率

在第 16 周龄最后 1 天，于每个重复抽取 1 只接近平均体重的试验鹅，在代谢笼中饲养。每天每只饲喂饲粮 120 g，自由饮水。预试期 4 d，停饲 1 d，正试期 3 d。正试期采用全收粪法分个体连续收集 3 d 的粪尿排泄物，取出混于粪中的羽毛等杂物，用 10%的盐酸固氮，混匀后于 65～75 ℃的烘箱中烘干，在自然状态下回潮 24 h 后准确称重，将粪样用小型万能粉碎机粉碎，备用待测。

水分含量采用 GB/T 6435—1986 的方法测定，粗灰分含量采用 GB/T 6438—1992 的方法测定，粗蛋白质（CP）含量采用凯氏定氮法（GB/T 6432—1994）测定，粗脂肪（EE）含量采用乙醚抽提法（GB/T 6433—2006）测定，钙（Ca）含量采用高锰酸钾滴定法（GB/T 6436—2002）测定，磷（P）含量采用钼黄比色法（GB/T 6437—2002）测定，中性洗涤纤维（NDF）含量采用滤袋技术测定，酸性洗涤纤维（ADF）含量采用 GB/T 6434—2006 的方法。据公式计算有机物（OM）的含量：

OM=干物质(DM)-粗灰分。

各组中饲粮养分表观利用率按照下列公式计算：

养分表观利用率（%）=[（饲粮中某养分的含量－粪中某养分的含量）/饲粮中某养分的含量]×100。

1.5　统计分析

采用 SPSS 19.0 软件中单因素方差分析(one-way ANOVA)中的 LSD 法进行多重比较。试验数据以“平均值±标准差”表示。采用 Excel 2003 软件通过回归分析对剂量效应关系作二次曲线拟合，根据二次方程计算适宜添加水平。P<0.05 和 P<0.01 分别为差异显著和极显著水平。

2　结果与分析

2.1　维生素 K_3 对鹅生长性能的影响

由表2可见，1~4周龄，Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ组平均日增重极显著高于Ⅰ组（P<0.01）；各组平均日采食量差异不显著（P>0.05）；Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ组料重比极显著低于Ⅰ、Ⅱ组(P<0.01)，Ⅳ组料重比较Ⅰ组降低了5.80%；Ⅱ组死淘率较Ⅰ组有所降低，Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组死淘率均为0。综合来看，饲粮维生素K_3添加水平为4 mg/kg时，1~4周龄五龙鹅的平均日增重、平均日采食量、料重比为最佳。

5~16周龄，D组平均日增重显著高于A、B组（P<0.05），C、D、E、F组之间差异不显著（P>0.05），但E、F组与D组相比呈下降趋势，D组平均日增重最高。C、D、E、F组平均日采食量均显著高于A组（P<0.05），与B组相比差异不显著（P>0.05）。A、B、C、D组料重比随饲粮维生素K_3添加水平增加而递减，D组显著低于A、B组（P<0.05），C组与其他各组均差异不显著（P>0.05），F组料重比显著高于D组（P<0.05），与A、B、C组差异不显著（P>0.05）。综合来看，饲粮维生素K_3添加水平为8 mg/kg时，5~16周龄五龙鹅的平均日增重、平均日采食量、料重比为最佳。

通过曲线拟合和回归方程分析发现，1～4周龄的平均日增重（Y_1）、料重比（Y_2）和5～16周龄的平均日增重（Y_3）、料重比（Y_4）与饲粮维生素K_3添加水平（X）间的二次曲线关系显著（P<0.05），分别建立的回归方程如下。

1～4周龄，

Y_1=－0.032X^2+0.308X+38.84 （R^2=0.839，P=0.027）。

由上述曲线回归方程得出，饲粮维生素K_3添加水平为4.81 mg/kg时，平均日增重最大。

Y_2=0.002X^2－0.022X+2.233 （R^2=0.793，P =0.031）。

由上述曲线回归方程得出，饲粮维生素K_3添加水平为5.5 mg/kg时，料重比最低。

综合分析，建议1～4周龄五龙鹅饲粮中维生素K_3添加水平为4.81～5.50 mg/kg。

5～16周龄：

Y_3=－0.011X^2+0.255X+33.44 （R^2=0.709，P =0.034）。

由上述曲线回归方程得出，饲粮维生素K_3添加水平为11.59 mg/kg时，平均日增重最大。

Y_4=0.002X^2－0.06X+5.416 （R^2=0.690，P =0.046）。

由上述曲线回归方程得出，饲粮维生素K_3添加水平为15.00 mg/kg时，料重比最低。

综合分析，建议 5～16 周龄五龙鹅饲粮中维生素 K_3 添加水平为 11.59～15.00 mg/kg。

表2 维生素K_3对鹅生长性能的影响

Table 2 Effects of vitamin K_3 on growth performance of geese

周龄 Weeks of age	组别 Groups	平均日增重 ADG/g	平均日采食量 ADFI/g	料重比 F/G	死淘率 Mortality rate/%
1~4	Ⅰ	36.39±0.80^{Aa}	81.38±1.53	2.24±0.03^{Aa}	3.70
	Ⅱ	37.11±0.73^{ABa}	82.92±0.53	2.23±0.03^{Aa}	1.85
	Ⅲ	38.33±0.66^{BCb}	83.24±1.26	2.17±0.02^{Bb}	0.00
	Ⅳ	40.00±0.47^{Dc}	84.43±0.58	2.11±0.01^{Bc}	0.00
	Ⅴ	39.13±0.49^{CDbc}	83.58±1.06	2.14±0.02^{Bbc}	0.00
	Ⅵ	38.64±0.52^{BCDb}	83.29±0.69	2.15±0.01^{Bb}	0.93
	P值 P-value	0.000	0.058	0.000	

5~16	A	30.50±0.81^{a}	172.17±1.47^{a}	5.65±0.10^{a}	0.00
	B	31.65±0.90^{a}	175.37±2.14^{ab}	5.54±0.09^{a}	0.00
	C	34.02±1.20^{ab}	176.23±2.15^{b}	5.18±0.12^{ab}	0.00
	D	36.46±2.23^{b}	178.40±1.95^{b}	4.90±0.25^{b}	0.00
	E	34.02±2.68^{ab}	177.07±1.78^{b}	5.22±0.35^{ab}	0.00
	F	32.70±3.12^{ab}	176.20±2.63^{b}	5.42±0.42^{a}	0.00
	*P*值 *P*-value	0.046	0.048	0.039	

同列数据肩标不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$），不同大写字母表示差异极显著（$P<0.01$），相同或无字母表示差异不显著（$P>0.05$）。下表同。

In the same column, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), and with different capital letter superscripts mean significant difference ($P<0.01$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as below.

2.2 维生素 K_3 对鹅屠宰性能的影响

由表3可见，4周龄时，各组之间屠宰率、半净膛率、胸肌率和腿肌率差异不显著($P>0.05$)，Ⅱ组腹脂率较Ⅰ组提高了10.38%($P<0.05$)；Ⅴ组全净膛率较Ⅰ组提高了4.52%($P<0.05$)，腹脂率提高了20.75%($P<0.01$)；Ⅵ组全净膛率较Ⅰ组提高了2.95%($P<0.05$)，腹脂率提高了17.92%($P<0.01$)。综合来看，1~4周龄五龙鹅饲粮中维生素K_3适宜添加水平为4~8 mg/kg。

16 周龄时，D 组屠宰率、半净膛率、全净膛率、腹脂率、胸肌率、腿肌率均为最高，分别比 A 组提高了 6.68%($P<0.01$)、5.04%($P<0.01$)、5.36%($P<0.01$)、14.20%($P>0.05$)、12.44%($P>0.05$)、15.07%($P<0.05$)；B 组各项屠宰性能指标均高于 A 组但差异不显著($P>0.05$)；C 组全净膛率比 A 组提高了 3.79%($P<0.05$)，其他屠宰性能指标均与 A、B 组差异不显著

(P>0.05)，E、F 组与 D 组相比呈下降趋势。综合来看，5~16 周龄五龙鹅饲粮中维生素 K_3 适宜添加水平为 8~16 mg/kg。

表 3　维生素 K_3 对鹅屠宰性能的影响

Table 3　Effects of vitamin K_3 on slaughter performance of geese　　%

周龄 Weeks of age	组别 Groups	屠宰率 Dressed percentage	半净膛率 Percentage of half-eviscerated yield	全净膛率 Percentage of eviscerated yield	腹脂率 Percentage of abdominal fat	胸肌率 Percentage of breast muscle	腿肌率 Percentage of leg muscle
4	I	87.25±2.48	76.82±1.29	65.45±0.38^{a}	1.06±0.08^{Aa}	1.73±0.05	15.91±0.77
	II	87.49±1.63	77.72±1.53	67.18±1.67^{ab}	1.17±0.06^{ABb}	1.73±0.02	16.19±0.60
	III	87.35±1.86	79.40±2.38	68.62±1.06^{b}	1.23±0.01^{Bbc}	1.78±0.12	16.38±1.53
	Ⅳ	88.78±3.72	80.42±1.74	68.97±0.89^{b}	1.29±0.05^{Bc}	1.85±0.02	18.19±0.69
	V	87.57±1.11	79.33±1.29	68.41±0.80^{b}	1.28±0.07^{Bbc}	1.81±0.07	17.30±0.05
	Ⅵ	87.85±1.31	77.74±1.32	67.38±0.72^{b}	1.25±0.04^{Bbc}	1.77±0.05	17.25±0.88
	*P*值 *P*-value	0.958	0.142	0.010	0.004	0.248	0.060
16	A	82.41±2.66^{Aa}	73.42±1.26^{Aa}	67.01±2.86^{Aa}	1.69±0.17	10.93±0.45	11.61±0.84^{a}
	B	83.87±1.06^{ABab}	74.72±2.08^{ABa}	68.63±1.20^{ABab}	1.74±0.43	11.31±1.15	12.14±0.68^{ab}
	C	85.02±4.31^{ABCabc}	75.18±1.13^{ABab}	69.55±1.40^{ABCbc}	1.91±0.49	12.05±1.13	12.51±0.87^{abc}
	D	87.92±1.34^{Cc}	77.12±1.89^{Bc}	72.37±0.75^{Cd}	1.93±0.34	12.29±1.14	13.36±1.04^{c}
	E	86.78±1.05^{BCb}	76.67±0.74^{Bbc}	71.20±7.37^{BCcd}	1.84±1.00	12.21±0.71	12.95±0.85^{bc}

	F	86.21±1.36^{ABCb}	76.57±1.20^{Bbc}	70.71±1.59^{BCcd}	1.80±0.31	11.96±0.84	12.68±0.64^{bc}
	*P*值 *P*-value	0.003	0.001	0.000	0.963	0.104	0.018

2.3　维生素 K_3 对鹅养分表观利用率的影响

由表 4 可见，B、C、D、E、F 组 DM、OM、EE、Ca、P、NDF、ADF 表观利用率均高于 A 组，且随着饲粮维生素 K_3 添加水平的增加，各养分表观利用率均呈先上升后保持稳定或略微下降的趋势。C、D、E、F 组 DM 表观利用率差异不显著($P>0.05$)，D 组显著高于 A 组($P<0.05$)；各组 OM 表观利用率差异不显著($P>0.05$)；D、E 组 CP 表观利用率显著高于 A 组($P<0.05$)，C、D、E、F 组之间差异不显著($P>0.05$)；D 组 EE 表观利用率显著高于 A 组($P<0.05$)，C、D、E、F 组之间差异不显著($P>0.05$)，A、B、C、E、F 组之间差异不显著($P>0.05$)；C、D、E、F 组之间 NDF 表观利用率差异不显著($P>0.05$)，D、E、F 组显著高于 A、B 组($P<0.05$)；C、D、E、F 组之间 ADF 表观利用率差异不显著($P>0.05$)，D、E、F 组显著高于 A、B 组($P<0.05$)；D、E、F 组之间 Ca 表观利用率差异不显著($P>0.05$)，D 组极显著高于 A、B 组($P<0.01$)，A、B、C 组之间差异不显著($P>0.05$)；C、D、E、F 组之间 P 表观利用率差异不显著($P>0.05$)，D 组显著高于 A、B 组($P<0.05$)，A、B、C、F 组之间差异不显著($P>0.05$)。综合分析结果得出，5~16 周龄五龙鹅饲粮中维生素 K_3 添加水平为 8 mg/kg 时，各养分表观利用率最高。

表 4　维生素 K_3 对鹅养分表观利用率的影响（干物质基础）

Table 4　Effects of vitamin K_3 on nutrient apparent availability of geese (DM basis)　%

组别 Groups	干物质 DM	有机物 OM	粗蛋白质 CP	粗脂肪 EE	中性洗涤纤维 NDF	酸性洗涤纤维 ADF	钙 Ga	磷 P
A	75.08±1.86^{a}	78.11±1.35	65.22±1.10^{a}	64.94±0.71^{a}	46.38±0.90^{a}	32.52±3.56^{a}	45.90±0.94^{Aa}	37.87±1.92^{a}

B	75.73±2.23[a]	78.99±1.57	66.70±2.53[a]	65.21±1.99[a]	47.36±1.94[a]	33.12±2.17[a]	46.18±1.10[ABab]	38.57±2.95[a]
C	76.88±1.02[ab]	79.90±1.35	69.61±2.06[ab]	66.94±2.00[ab]	49.55±2.44[ab]	35.82±2.79[ab]	47.71±1.56[ABCabc]	39.99±0.88[ab]
D	80.15±1.40[b]	81.62±0.95	72.23±1.69[b]	69.42±2.10[b]	52.23±1.98[b]	38.59±0.58[b]	50.57±1.08[Cc]	43.01±1.09[b]
E	78.94±2.40[ab]	80.39±1.16	70.93±2.06[b]	68.02±0.98[ab]	51.46±2.15[b]	37.82±0.78[b]	49.24±0.38[BCbc]	41.97±1.69[b]
F	77.37±0.96[ab]	79.38±0.71	70.28±2.99[ab]	67.37±1.04[ab]	51.16±1.79[b]	37.48±0.87[b]	48.65±1.45[ABCabc]	40.17±1.08[ab]
P 值 *P*-value	0.031	0.057	0.014	0.035	0.015	0.017	0.002	0.028

3 讨 论

3.1 维生素 K_3 对鹅生长性能的影响

饲粮中适量添加维生素 K_3 能提高动物生长性能，但添加水平因动物种类、生长阶段、生产水平等不同而异。夏兆飞等[3]研究结果表明，在肉鸡饲粮中添加大剂量维生素 K_3 有促进肉鸡生长的趋势。陈璎等[4]研究结果表明，在母猪饲粮中添加维生素 K_3 可显著提高仔猪断奶窝重、断奶个体重和断奶仔猪成活率。Hirayama 等[8]在试验组小鼠饲粮中添加 240 mg/kg 维生素 K_3，结果试验组小鼠体重和成活率均高于对照组。本试验结果表明，饲粮中添加 4 mg/kg 维生素 K_3 能够极显著提高五龙鹅 1~4 周龄平均日采食量和平均日增重，降低料重比和死淘率；5~16 周龄五龙鹅基础饲粮中添加 8 mg/kg 维生素 K_3 能显著降低料重比，提高平均日增重。张彩云[9]在肉鸡饲粮中添加 8 mg/kg 维生素 K_3 能够显著提高肉鸡体重和降低料重比，与本试验结果相符。本试验 1~4 周龄五龙鹅基础饲粮中添加 4 mg/kg 维生素 K_3 能极显著提高平均日增重，降低料重比，5~16 周龄时只有添加适量维生素 K_3 才能显著提高平均日增重，降低料重比，可能是饲粮中维生素 K_3 对育雏期鹅的影响比对育成期鹅的影响大。根据 Ducros 等[10]研究报道，维生素 K_3 在肠道被吸收后，经过淋巴系统，再进入血液。在血液中维生素 K_3 与 β-脂蛋白结合形成络合物，被运输到其他组织，育成期鹅肠道发育比育雏期鹅完善，因此受维生素 K_3 影响造成的差异低于育雏期。本试验鹅维生素 K_3 需要量高于 NRC

（1994）推荐的鹅饲粮营养水平，可能与鹅的品种、饲养条件、评定标准、基础饲粮类型等条件有关，有待进一步研究。另外，本试验 2 阶段Ⅴ、Ⅵ组维生素 K_3 添加水平较高时，均会降低平均日增重，提高料重比，降低生长性能，与李有业等[11]和刘朝明等[12]的报道相符。综合效益分析，本试验条件下以五龙鹅生长性能作为衡量指标时，经回归分析得出，1~4 周龄饲粮维生素 K_3 适宜添加水平为 4.81 mg/kg；5~16 周龄饲粮维生素 K_3 适宜添加水平为 11.59 mg/kg。

3.2　维生素 K_3 对鹅屠宰性能的影响

研究表明，饲粮中添加维生素 K_3 能够影响畜禽骨骼发育，提高动物屠宰性能[13-15]。彭焕伟等[16]研究表明，在肉鸡饲粮的维生素组合中维生素 K_3 添加水平为 4 mg/kg 时，肉鸡屠宰性能和胴体品质最好。Rune 等[17]在肉牛饲粮中添加大剂量维生素 K_3，结果表明，维生素 K_3 能够显著提高肉牛屠宰性能和肉品质。高岩[18]研究表明，在肉鸭饲粮中添加 3 mg/kg 维生素 K_3 能够显著提高肉鸭体重和屠宰性能。本试验结果表明，五龙鹅饲粮中添加 4~8 mg/kg 维生素 K_3 能够显著改善五龙鹅屠宰性能。1~4 周龄阶段，饲粮中添加维生素 K_3 对屠宰率和胸肌率无显著影响，可能与鹅生长发育特点有关[19]；5~16 周龄阶段，饲粮中添加 8 mg/kg 维生素 K_3 能够显著或极显著提高鹅屠宰率、全净膛率、半净膛率和腿肌率。本试验 2 阶段维生素 K_3 对鹅屠宰性能的影响对比发现，不同时期鹅对维生素 K_3 需要量不同，因此生产中应根据不同生长时期对鹅基础饲粮中维生素 K_3 添加水平及时调整。综合效益分析，本试验条件下以五龙鹅屠宰性能作为衡量指标时，1~4 周龄饲粮维生素 K_3 适宜添加水平为 4~8 mg/kg；5~16 周龄饲粮维生素 K_3 适宜添加水平为 8~16 mg/kg。

3.3　维生素 K_3 对鹅养分表观利用率的影响

已有研究表明，维生素 K_3 能够促进肠道蠕动和分泌功能[12]，影响动物消化吸收功能，但目前关于维生素 K_3 影响动物消化吸收功能的研究多集中在水产动物，对鹅方面的研究鲜有报道。研究表明，维生素 K_3 能够显著提高肠内胆囊收缩素含量[5]，Einarsson 等[20]研究发

现，胆囊收缩素能促进胰腺分泌胰蛋白酶和糜蛋白酶。本试验结果表明，饲粮中添加 8 mg/kg 维生素 K_3 能极显著提高鹅 CP 表观利用率，与之前报道相符。维生素 K_3 能够显著提高肠道 AKP 活性[21]，AKP 参与肠道内脂肪、Ca 和 P 等养分的吸收[22]，本试验添加 4 mg/kg 维生素 K_3 以上组均显著或极显著提高 EE、Ca 和 P 的表观利用率。根据 Mathers 等[23]报道，维生素 K_3 能影响肠道菌群变化，促进盲肠生长发育，提高盲肠消化能力。鹅有较为发达的盲肠，能够消化饲粮中粗纤维，本试验饲粮添加 8 mg/kg 以上维生素 K_3 组五龙鹅的 DNF 和 ADF 表观利用率均显著高于对照组。维生素 K_3 添加水平为 8 mg/kg 时五龙鹅养分表观利用率最高，E、F 组较 D 组呈下降趋势，但差异不显著。这表明当饲粮维生素 K_3 添加水平达到适宜水平时，再提高添加水平对养分利用率并不能产生显著影响。综合分析，本试验结果表明，5~16 周龄五龙鹅饲粮中维生素 K_3 最适添加水平为 8 mg/kg。

4 结 论

① 经回归分析得出，1~4 周龄五龙鹅饲粮维生素 K_3 适宜添加水平为 4.81 mg/kg；5~16 周龄五龙鹅饲粮维生素 K_3 适宜添加水平为 11.59 mg/kg。

② 综合考虑本试验屠宰性能测定结果，1~4 周龄五龙鹅饲粮维生素 K_3 适宜添加水平为 4~8 mg/kg；5~16 周龄五龙鹅饲粮维生素 K_3 适宜添加水平为 8~16 mg/kg。

③ 饲粮中添加维生素 K_3 能提高 16 周龄五龙鹅养分表观利用率，饲粮中维生素 K_3 适宜添加水平为 8 mg/kg。

③ 综上所述，以生长性能为主指标，1~4 周龄和 5~16 周龄饲粮中维生素 K_3 适宜添加水平分别为 4.81 和 11.59 mg/kg。

参考文献：

[1] 徐士欣.血小板活化与血液凝固[J].国外医学临床生物化学与检验学分册,2004,25(5):480–482.

[2] 司华哲,李光玉,鲍坤,等.维生素对反刍动物生理功能影响的研究进展[J].中国饲料,2015(5):25–28.

[3] 夏兆飞,金久善.大剂量维生素 A、K 及其互作对 AA 肉鸡生产性能和凝血机能的影响[J].中国兽医学报,2005,25(1):104–107.

[4] 陈璎,金亚颖.母猪日粮中添加维生素 K 对母猪及仔猪生产性能的影响[J].浙江畜牧兽医,1999(4):3.

[5] 张明亮,詹兰琦.维生素 K_3 治疗消化系统疾病的镇痛、止呕作用[J].铁道医学,1982,10(2):110.

[6] 元江.维生素 K 对幼建鲤消化吸收功能、免疫功能和抗氧化状态的影响[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2013.

[7] 张宏福.美国 NRC 禽类营养需要量(1994 年版)[J].中国饲料,1995(2):35–37.

[8] HIRAYAMA K,UETSUKA K,KUWABARA Y,et al.Vitamin K deficiency of germfree mice caused by feeding standard purified diet sterilized by γ-irradiation[J].Experimental Animals,2007,56(4):273–278.

[9] ZHANG C Y,LI D F,WANG F L,et al.Effects of dietary vitamin k levels on bone quality in broilers[J].Archives of Animal Nutrition,2003,57(3):197–206.

[10] DUCROS V,POLLICAND M,LAPORTE F,et al.Quantitative determination of plasma vitamin K1 by high-performance liquid chromatography coupled to isotope dilution tandem mass spectrometry[J].Analytical Biochemistry,2010,401(1):7–14.

[11] 李有业,耿凤琴,徐占红.维生素 K 在家禽营养研究中的新进展[J].中国家禽,1997(11):40–41.

[12] 刘朝明,吴彩霞,李和平.维生素 K 在畜牧业中的应用[J].农家科技,2011(7):40.

[13] 王勇,钮海华,冯杰,等.维生素 K 对动物骨骼生长发育影响的研究进展[J].黑龙江畜牧兽医,2010(13):35–36.

[14] 张彩云.维生素 K 与动物骨骼发育研究进展[J].中国畜牧杂志:科技版,2006,42(9):60–61.

[15] HIRANO J,ISHII Y.Effects of vitamin K_2,vitamin D,and calcium on the bone metabolism of rats in the growth phase[J].Journal of Orthopaedic Science,2002,7(3):364–369.

[16] 彭焕伟,丁雪梅,白世平,等.种鸡及肉鸡饲粮维生素组合对青脚麻肉鸡生产性能、抗氧化性能和屠宰性能的影响[J].饲料工业,2013,34(11):25–32.

[17] RØDBOTTEN R,GUNDERSEN T,VERMEER C,et al.Vitamin K2 in different bovine muscles and breeds[J].Meat Science,2014,97(1):49–53.

[18] 高岩.肉用鸭配合料中的维生素 K_1 微粒制剂[J].国外畜牧学(饲料),1990(6):27–28.

[19] 董飚,段修军,王健,等.3 个品种鹅屠宰性能与肉品质的比较研究[J].江苏农业科学,2009(6):279–281.

[20] EINARSSON S,DAVIES P S,TALBOT C.Effect of exogenous cholecystokinin on the discharge of the gallbladder and the secretion of trypsin and chymotrypsin from the pancreas of the Atlantic Salmon,*Salmo salar* L.[J].Comparative Biochemistry and Physiology Part C:Pharmacology,Toxicology and Endocrinology,1997,117(1):63–67.

[21] SOGABE N,MARUYAMA R,HOSOI T,et al.Enhancement effects of vitamin K_1 (phylloquinone) or vitamin K_2 (menaquinone-4) on intestinal alkaline phosphatase activity in rats[J].Journal of Nutritional Science and Vitaminology,2007,53(3):219–224.

[22] VILLANUEVA J,VANACORE R,GOICOECHEA O,et al.Intestinal alkaline phosphatase of the fish *Cyprinus carpio*:regional distribution and membrane association[J].Journal of Experimental Zoology,1997,279(4):347–355.

[23] MATHERS J C,FERNANDEZ F,HILL M J,et al.Dietary modification of potential vitamin K supply from enteric bacterial menaquinones in rats[J].British Journal of Nutrition,1990,63(3):639–652.

Effects of Vitamin K_3 on Growth Performance, Slaughter Performance and Nutrient Apparent Availability of *Wulong* Geese

LV Mei[1] WANG Baowei[2] YIN Taiyue[1] GE Wenhua[2] ZHANG Mingai[2] LI Wenli[1*]

(1. *College of Animal Science and Technology, Qingdao Agricultural University, Qingdao* 266109, *China*; 2. *Institute of High Quality Waterfowl, Qingdao Agricultural University, Qingdao* 266109, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of dietary vitamin K_3 supplemental level on growth performance, slaughter performance and nutrient apparent availability of *Wulong* geese. The experiment was divided into two stages, one stage was 1 to 4 weeks of age, and another stage was 5 to 16 weeks of age. In 1 to 4 weeks of age stage: three hundred and sixty one-day-old *Wulong* geese were selected and randomly divided into 6 groups with 6 replicates in each group and 10 geese in each replicate. Geese in the control group (group Ⅰ) were fed a basal diet (vitamin K_3 content: 1.23 mg/kg), and geese in the other experimental groups (groups Ⅱ to Ⅵ) were fed the basal diets supplemented with 1, 2, 4, 8 and 16 mg/kg vitamin K_3, respectively. In 5 to 16 weeks of age stage: three hundred and twenty four twenty-eight-day-old *Wulong* geese were selected and randomly divided into 6 groups with 6 replicates in each group and 9 geese in each replicate. Geese in the control group (group A) were fed a basal diet (vitamin K_3 content: 1.18 mg/kg), and geese in the other experimental groups (groups B to F) were fed the basal diets

supplemented with 2, 4, 8, 16 and 32 mg/kg vitamin K_{3}, respectively. The experiment lasted for 16 weeks. The results showed as follows: 1) according to the regression analysis, dietary supplemented with 4.81 mg/kg vitamin K_3 at 1 to 4 weeks of age, the average daily gain was the highest; dietary supplemented with 11.59 mg/kg vitamin K_3 at 5 to 16 weeks of age, the average daily gain was the highest. 2) Compared with the control group, in 1 to 4 weeks of age stage, dietary supplemented with 4 mg/kg vitamin K_3 significantly increased percentage of half-eviscerated yield and percentage of abdominal fat of geese (P<0.05 or P<0.01); in 5 to 16 weeks of age stage, dietary supplemented with 8 mg/kg vitamin K_3 significantly increased dressing percentage, percentage of half-eviscerated yield, percentage of eviscerated yield and percentage of leg muscle (P<0.05 or P<0.01). 3) Compared with the control group, in 5 to 16 weeks of age stage, dietary supplemented with 8 mg/kg vitamin K_3 significantly increased the calcium apparent availability (P<0.01), and significantly increased the apparent availability of dry matter, crude protein, ether extract, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and phosphorus (P<0.05). In conclusion, under the conditions of this experiment, the appropriate dietary vitamin K_3 supplemental levels of *Wulong* geese at 1 to 4 weeks of age and 5 to 16 weeks of age are 4.81 and 11.59 mg/kg, respectively.

Key words: vitamin K_3; geese; growth performance; slaughter performance; nutrient apparent availability

---

*Corresponding author, professor, E-mail: wlli@qau.edu.cn （责任编辑　武海龙）